

EVOLUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN GALICIA EN EL PERIODO 1961-2006

Raquel CRUZ GUERRERO, Ángeles LAGO NÚÑEZ, Ana LAGE GONZÁLEZ
y Santiago SALSÓN CASADO

Meteogalicia. Consellería de Medio Ambiente e Desenvolvemento Sostible. Xunta de Galicia
raquel.cruz@meteogalicia.es, angeles.lago@meteogalicia.es, ana.lage@meteogalicia.es,
santiago.salson@meteogalicia.es

RESUMEN

El estudio de la variabilidad en precipitación muestra, a nivel global, resultados menos definidos que en el caso de la temperatura. Esta heterogeneidad se encuentra incluso a nivel nacional, debido a la complejidad de la distribución espacial de la cantidad y concentración temporal de la lluvia, haciendo necesarios estudios detallados a nivel local.

En el presente trabajo se desciende al nivel regional y se revisan los cambios en la precipitación en distintos puntos de Galicia durante el periodo 1961-2006. Las tendencias se analizan a nivel individual y regional para valores totales de precipitación en la escala anual, estacional y mensual. Para analizar la coherencia espacial de las tendencias observadas se ha llevado a cabo una subregionalización, comparando los resultados obtenidos. Finalmente, se presta especial atención a la evolución de la frecuencia de datos diarios extremos, analizando la superación de valores umbrales, percentiles extremos y estudiando la distribución de valores extremos y los periodos de retorno en un subgrupo de estaciones.

Palabras clave: precipitación, tendencias, cambio climático, Galicia, valores extremos

ABSTRACT

Studies about precipitation variability and trends show results less clear than those about temperature. This heterogeneity is also found within Spain, because of the complex spatial distribution of the quantity and temporal concentration of the precipitation. For this reason, detailed local studies are necessary.

In this work changes in precipitation in several points of Galicia in the period 1961-2006 are studied. Trends are analysed at individual and regional level for total values of annual, seasonal and monthly precipitation. To study the spatial coherence of the found trends a sub-regionalization has been made and the obtained results have been compared. Finally, the frequency of daily extreme values is also studied, by using threshold values and extreme percentiles and by studying the distribution of extreme values and the frequency of return periods in a subgroup of weather stations

Key words: precipitation, trends, climate change, Galicia, extreme values

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la gran preocupación que ha surgido ante el cambio climático, se hacen necesarios estudios que confirmen o no la detección del mismo, analizando la variabilidad y cambio en distintas variables meteorológicas a una escala local, con el fin de mejorar la comprensión de los mecanismos de cambio a largo plazo y las implicaciones o impactos futuros en las distintas zonas del planeta.

A diferencia del caso de la temperatura en el que se constata un incremento a nivel global aunque con diferencias en su magnitud en función de la zona o periodo estudiado, en precipitación las tendencias observadas en los totales anuales o estacionales presentan contrastes aún mayores a nivel global (IPCC 2001). Esta heterogeneidad de resultados se encuentra también a nivel nacional, debido a la complejidad de la distribución espacial de la lluvia en España (BRUNET *et al.* 2007a). Así se pone de manifiesto en los numerosos trabajos realizados en los últimos años que analizan la variabilidad existente en el conjunto de la península Ibérica (Esteban Parra *et al.* 1998, 2003) o en distintas subregiones (ROMERO *et al.*, 1999, LABAJO y PIORNO 2001, SALADIÉ *et al.*, 2004).

Por otra parte, el estudio de la variabilidad en valores medios o totales no es más que un aspecto del cambio climático y, de hecho, los cambios en la frecuencia de extremos pueden tener un fuerte impacto sobre la sociedad y los ecosistemas y se considera además que pueden ser fuertes indicadores del cambio climático (FOLLAND *et al.* 2001). Estos estudios tienen el agravante de trabajar con datos diarios, más difíciles de validar, por lo que son menos frecuentes y más problemáticos los estudios a nivel global (FRICH *et al.* 2002). Existen sin embargo numerosos estudios a escala menor que la global (Aguilar *et al.* 2005), a nivel europeo (KLEIN TANK *et al.*, 2002, KLEIN TANK y KÖNNEN, 2003, MOBERG y JONES, 2005) y a nivel nacional (ABAURREA y CEBRIAN 2001, LÓPEZ 2001). Los resultados en cualquier caso son nuevamente algo heterogéneos, insistiendo en la necesidad de realizar estudios locales en cada región.

La localización latitudinal de Galicia la enmarca en la zona de circulación prevaleciente de los “oestes”. Por otra parte, su situación en el sector más noroccidental de la península Ibérica la configura como primer punto de llegada de las perturbaciones atlánticas. No obstante, la comunidad gallega recibe influencia de distintas masas de aire de características termodinámicas muy dispares. De este modo llegan a Galicia tanto masas de aire cálidas y húmedas (tropicales marítimas), como varios tipos de masas de aire frío procedentes de latitudes superiores con distinto contenido de humedad (masas de aire ártico marítimo, ártico continental y polar continental). Galicia está, por tanto, localizada en una zona de transición de distintos tipos de masas de aire, de lo que se deduce que las conclusiones de estudios de variaciones climáticas realizadas tanto para el Norte de Europa como para otras zonas de España, como por ejemplo para el Mediterráneo, no son directamente extrapolables para la Comunidad Gallega, necesitándose por lo tanto un análisis individualizado para esta región.

En el presente estudio se descenderá al nivel regional y se analizarán los cambios que se han observado en distintos puntos de Galicia en el periodo 1961-2006 en precipitación. Las tendencias se analizarán tanto para valores totales de precipitación en la escala anual, estacional y mensual, como en frecuencia de datos diarios extremos.

2. DATOS

Las series de datos utilizadas pertenecen a dos redes de estaciones: la red de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y la perteneciente a la Consellería de Medio Ambiente e Desenvolvemento Sostible (CMADS) de la Xunta de Galicia. Se han preseleccionado las series de la AEMET con una longitud mínima de 10 años y todas las series de estaciones manuales y automáticas de la red de la CMADS, debido a la mayor accesibilidad a los datos originales y *metadata* de dichas estaciones, lo cual permitió una mejor caracterización de su calidad. De este modo, inicialmente se han examinado a nivel diario 393 series de precipitación.

2.1 Control de calidad y homogeneización

En los últimos años ha aumentado la concienciación de la importancia del control de calidad y homogeneización para la correcta detección del cambio climático (IPCC 2001, Staudt *et al.* 2007, Brunetti *et al.* 2006). Por ese motivo, en todas las series de precipitación se ha aplicado en primer lugar un proceso exhaustivo de control de calidad y relleno de lagunas. En cada serie se valoró la presencia de *outliers* temporales y espaciales mediante la comparación de la serie candidata con el valor estimado a partir de la serie de referencia. La serie de referencia fue construida usando las series vecinas en un radio de 20 km y con una correlación superior a 0.7 en el mes correspondiente, mediante regresión lineal ponderada en función del cuadrado de la correlación y la inversa de la distancia al cuadrado entre las series. Los datos catalogados como *outliers* (temporales o espaciales) y los valores perdidos fueron sustituidos por el valor estimado.

Tras este proceso, cada serie pudo ser evaluada en función de su calidad (número de datos erróneos o sospechosos), continuidad (% datos perdidos) y fiabilidad (correlación y diferencia media respecto a la serie de referencia). Las series de demostrada calidad y con suficiente número de datos (menos de un 10% datos perdidos) en el periodo 1961-2006 fueron usadas en los estudios de tendencias que implicaban datos diarios, como el análisis de extremos.

A partir de los datos diarios se construyeron las series mensuales, estacionales y anuales para precipitación acumulada. Todas las series con un mínimo de 25 años de datos dentro del periodo 1971-2000 fueron examinadas en cuanto a su homogeneidad mediante la aplicación del SNHT (*Standard Normal Homogeneity Test*, Alexandersson y Moberg, 1997), usando el software específico AnClim (Stepanek, 2003). Dicho test se aplicó a nivel anual, estacional y mensual. Se aceptó que un salto detectado por el test correspondía a una auténtica inhomogeneidad cuando el salto era detectado a nivel anual y en al menos dos de las estaciones del año en torno al mismo punto. De este modo, sólo se corrigieron los casos en los que se supone que realmente se mejora la calidad de los datos, para evitar introducir correcciones cuyos errores asociados son más altos que las propias correcciones (Brunetti *et al.* 2006). La corrección del salto se realizó en cambio a nivel mensual, aplicando en cada mes el factor de corrección correspondiente (Aguilar *et al.* 2002).

Tras el proceso de homogeneización se dispuso de 91 series de precipitación, en su mayoría homogéneas (sólo en 12 series hubo que corregir algún salto), de las cuales 52 pudieron expresarse como anomalía respecto al periodo 1971-2000, por tener al menos cuatro años de datos en cada década de dicho periodo.

2.2 Metodología

En las series homogeneizadas de precipitación, se han analizado 28 series individuales, expresadas siempre como anomalías estandarizadas (precipitación desviada de la media y dividida por la desviación típica del periodo 1971-2000) y el promedio regional gallego, calculado como el promedio de las anomalías estandarizadas de las 52 series en las que se pudo calcular dicha anomalía. El elevado número de estaciones disponibles ha permitido caracterizar subregiones climáticas, mediante el uso de análisis de componentes principales. Para ello se ha realizado en primer lugar una interpolación espacial a una rejilla regular (5.4x5.4 km) de los valores mensuales de precipitación de todas las series que han sido homogeneizadas. A continuación, se realizó un análisis de componentes principales en modo S sobre la matriz de correlación, calculada a partir de las anomalías mensuales de los puntos de rejilla respecto al periodo de referencia 1971-2000. Los componentes principales retenidos fueron rotados, para una mejor interpretación espacial de los mismos y las cargas >0.6 de los tres componentes principales retenidos definieron las subregiones, de modo análogo a lo hecho por Brunetti *et al.* (2006) en Italia y Brunet *et al.* (2007b) en España. Dentro de cada una se calculó un promedio subregional, seleccionando series en las zonas de mayor densidad y evitando zonas de solapamiento.

La existencia de tendencia significativa a lo largo del periodo considerado se ha analizado para cada variable con la correlación no paramétrica de Tau-Kendall (Press *et al.*, 1986), lo cual tiene la ventaja de no hacer asunciones sobre la distribución de los datos, mientras que la magnitud de la pendiente se ha estimado mediante el ajuste de mínimos cuadrados (como en Suppiah y Hennessy, 1998)

3. RESULTADOS

3.1 Precipitación total

El análisis de componentes principales sobre las anomalías mensuales de los datos de precipitación interpolados mostró un total de 8 componentes principales (CP) con autovalor >1 (criterio de Kaiser, 1958). Sin embargo, el porcentaje de varianza explicada a partir del cuarto PC es muy baja, por lo que se decidió seleccionar los 3 primeros CPs, que fueron sometidos a rotación VARIMAX, para conseguir una mejor interpretación física de los componentes (Jolliffe *et al.* 2002). La representación gráfica de las cargas (*loadings*) de cada CP permite visualizar zonas que correlacionan en cuanto a las anomalías de precipitación. La figura 1a muestra la superposición de los 3 CP (mostrando sólo las isolíneas de cargas mayores a 0.6) y la figura 1b muestra el esquema de las 3 zonas definidas, combinando la información de la figura anterior con criterios climatológicos, y las series usadas en la representación de cada subregión, ya que se hizo una selección de series en los lugares de excesiva densidad para conseguir un reparto espacial más homogéneo y no se consideraron las series de las zonas de solapamiento.

En lo que respecta a la precipitación acumulada anual, el promedio regional gallego (figura 2) y los promedios subregionales no muestran ninguna tendencia significativa (tabla 1). Los análisis de las series individuales en general también son no significativos (no mostrado).

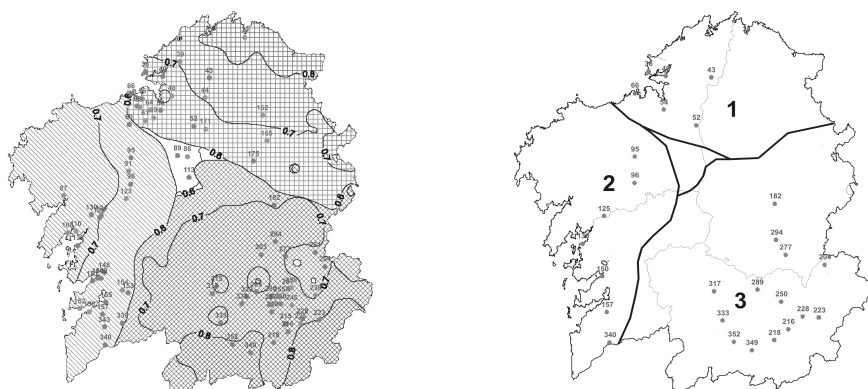


Figura 1. Subregiones definidas a partir del ACP. (a) cargas superiores a 0.6 de los 3 primeros CP y localización de las series. (b) esquema de zonas definidas y subgrupo de series usadas en los promedios subregionales

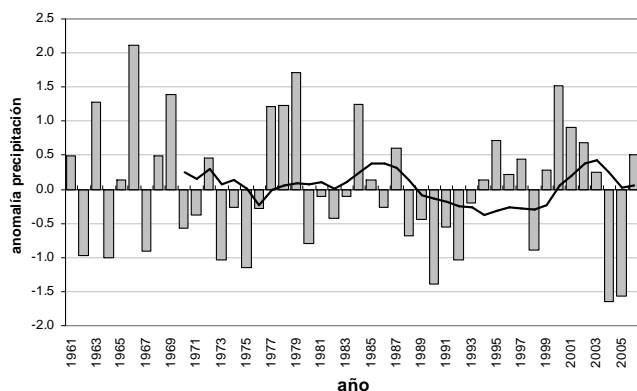


Figura 2. Variación interanual de la anomalía estandarizada respecto al periodo 1971-2000 de la precipitación total anual en la serie regional gallega. La línea es la media móvil de 10 años

Como se aprecia en la tabla 1, a nivel estacional ninguna tendencia llega a ser significativa aunque destaca la magnitud y el signo de la pendiente de invierno (negativa) y de otoño (positiva), especialmente en la subregión 3, dónde quedan al borde de la significación. A nivel mensual los resultados son más claros: en el promedio gallego hay un descenso casi significativo en febrero y un aumento significativo en agosto y octubre. El análisis en cada subregión matiza algo la distribución espacial de estos resultados: En la subregión 1 sólo resulta significativo el aumento de octubre, en la subregión 2 la pendiente es claramente negativa en febrero y positiva en octubre y en la subregión 3 la pendiente es acusada y claramente negativa en febrero, y positiva y significativa tanto en agosto como en octubre.

	S. regional	Subregión 1	Subregión 2	Subregión 3
Anual	-0.06 (<0.01)	0.07 (0.01)	-0.09 (0.02)	-0.06 (<0.01)
Invierno	-0.15 (0.04)	-0.09 (0.02)	-0.16 (0.05)	-0.17 (0.05)
Primavera	-0.08 (0.01)	-0.01 (<0.01)	-0.12 (0.02)	-0.08 (0.01)
Verano	0.04 (<0.01)	0.07 (0.01)	0.07 (0.01)	0.03 (<0.01)
Otoño	0.17 (0.08)	0.18 (0.07)	0.17 (0.05)	0.20 (0.08)
Enero	-0.15 (0.04)	-0.11 (0.03)	-0.18 (0.05)	-0.16 (0.04)
Febrero	-0.25 (0.12)	0.13 (0.03)	-0.25 (0.12)	-0.31 (0.15)
Marzo	-0.15 (0.02)	-0.10 (0.01)	-0.16 (0.02)	-0.19 (0.03)
Abril	0.03 (<0.01)	0.10 (0.02)	0.01 (<0.01)	0.03 (<0.01)
Mayo	-0.05 (0.01)	-0.05 (0.01)	-0.06 (0.01)	-0.01 (<0.01)
Junio	-0.12 (0.03)	-0.09 (0.01)	-0.09 (0.02)	-0.13 (0.04)
Julio	0.08 (0.02)	0.12 (0.03)	0.07 (0.01)	0.05 (0.01)
Agosto	0.16 (0.08)	0.12 (0.04)	0.19 (0.08)	0.19 (0.10)
Septiembre	-0.01 (<0.01)	-0.04 (<0.01)	-0.08 (0.01)	0.06 (0.01)
Octubre	0.24 (0.12)	0.26 (0.12)	0.20 (0.07)	0.26 (0.13)
Noviembre	0.03 (<0.01)	0.07 (0.01)	0.08 (0.01)	-0.01 (<0.01)
Diciembre	0.04 (<0.01)	0.05 (0.01)	0.04 (<0.01)	0.05 (0.01)

negrita: correlación Tau-Kendall significativa ($P < 0.05$) *cursiva:* correlación cercana a la significación ($P < 0.10$)

Tabla 1. PENDIENTES, EN °C/DÉCADA, Y COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN (R^2) DEL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL.

Destaca también en la tabla, además de la generalización del aumento de precipitación en el mes de octubre, la ausencia de tendencia significativa en el mes de marzo, a diferencia del descenso significativo encontrado en estudios de otras zonas de España, incluso en aquellos que incluyen el año 2001 (Aguilar *et al.* 2006)

3.2 Análisis de extremos

Se ha analizado la evolución de la frecuencia de días de lluvia (precipitación ≥ 1 mm) y la frecuencia de días superando distintos umbrales fijos de cantidad de precipitación (5, 10 y 30 mm) así como los percentiles (p90, p95 y p99) calculados en cada serie para cada estación del año. Este análisis se ha realizado en un subconjunto de series de calidad diaria (tabla 4) y en el promedio regional, siempre utilizando las anomalías respecto al periodo de referencia usado.

No se aprecia ninguna tendencia significativa en el número de días de lluvia, ni en la frecuencia de días superando umbrales fijos, con la excepción de los días con precipitación superior a 30 mm en primavera ($b = -0.0202$, $P < 0.05$, $R^2 = 0.08$). Sin embargo, los resultados son más contundentes en el caso de la frecuencia de días superando el p95 (días de lluvia intensa, figura 3): disminuye significativamente en primavera ($b = -0.0254$, $P < 0.05$, $R^2 = 0.08$) y aumenta en otoño ($b = 0.0292$, $P < 0.05$, $R^2 = 0.14$). El descenso en primavera se mantiene incluso en percentiles más extremos, a pesar del efecto del año 2001, mientras que el ascenso en otoño es más generalizado en el territorio (no mostrado) y se mantiene incluso aunque no se incluya el extremo del año 2006.

ESTACIÓN	altitud	utm _x	utm _y	periodo analizado
FENE-MANIÑOS	30	565241	4811963	1961-2006
AS PONTES	343	592248	4811137	1961-2006
BETANZOS	38	564078	4792360	1961-2006
A CORUÑA-ESTACION COMPLETA	58	547040	4801846	1961-2006
MONTAOS-ORDES	306	546910	4765072	1961-2006
SANTIAGO 'LABACOLLA'	364	546787	4749893	1961-2006
PONTECESURES	20	528724	4730576	1961-2004
LOURIZAN	60	527746	4695497	1961-2006
VIGO 'PEINADOR'	255	530376	4674753	1961-2006
LUGO 'COLEXIO FINGOI'	450	617787	4763148	1966-2006
SARRIA 'BARREIROS GRANXA'	550	629819	4737598	1961-2006
VILARIÑO CONSO 'R.PEQUENA'	1000	637750	4664773	1965-2001
VIANA DO BOLO	733	655840	4671630	1961-2003
POBRA DO BROLLON 'VEIGA'	400	630552	4716783	1961-2006
OURENSE 'GRANXA DEPUT'	143	593908	4686883	1972-2006
ALLARIZ	766	598955	4669830	1961-2006
VILADERREI	657	616223	4652508	1961-2006

Tabla 2. SERIES DE PRECIPITACIÓN DIARIA USADAS EN EL ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE TEMPERATURAS EXTREMAS

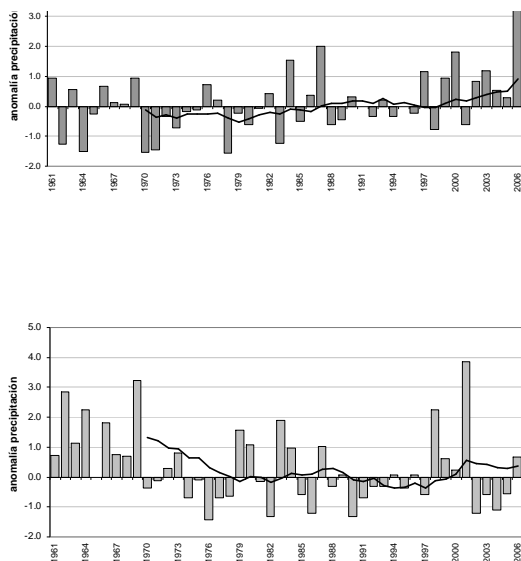


Figura 3. Variación interanual de la anomalía, respecto al periodo 1971-2000, de la frecuencia de días de precipitación > p95 en otoño (arriba) y primavera (abajo) en la serie regional gallega. La línea es la media móvil de 10 años

El estudio de extremos en algunas series puede ampliarse algo más en el tiempo hasta completar el periodo 1951-2006, mostrando resultados casi idénticos (Cruz *et al.* 2007). En ese periodo se ha estudiado además la evolución de los valores extremos de lluvia diaria, no encontrando ninguna tendencia significativa en la evolución anual de la precipitación máxima diaria ($b=0.1953$, $P>0.05$, $R^2=0.02$).

Por otro lado, teniendo en cuenta que el periodo analizado pudiera no ser estacionario, se han calculado los parámetros de la distribución general de valores extremos (GEV) para una ventana móvil de 30 años. En la figura 4 se muestra la evolución de estos parámetros. Para emplear una única escala, se ha restado a los parámetros el valor medio del período. El parámetro MU es el parámetro de localización, SIGMA es el parámetro de escala y XI es el parámetro de forma. Este parámetro de forma a penas varía y se mantiene próximo a cero (cuando este parámetro tiende a cero, la GEV tiende a una distribución de Gumbel). Los parámetros de localización y escala cambian de forma apreciable, produciéndose un mínimo en el período 1964-1992 para pasar a tomar valores por encima de la media a partir del período 1969-1997.

Para ver qué implica este cambio, se muestra en la figura 5 los valores de retorno para diferentes periodos de retorno. Se representa también las tendencias de estas series, todas ellas significativas según el test no paramétrico de Tau-Kendall.

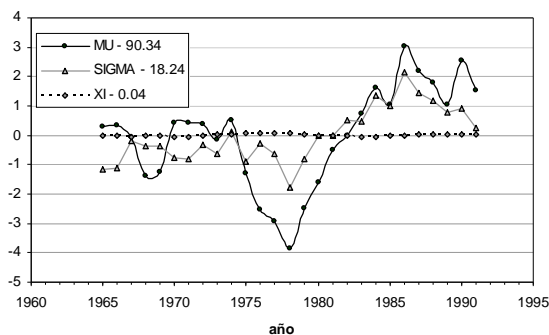


Figura 4. Variación de los parámetros de la distribución GEV para una ventana móvil de 30 años. EL valor del año en el eje X indica el año central de la ventana móvil.

En la figura 5 se puede apreciar como, para un periodo de retorno de 50 años, tomando los 30 primeros años del período 1951-2006, el valor de retorno correspondiente es de aproximadamente 160 mm. Para el conjunto de 30 años del final de período 1951-2006, el valor correspondiente es de 180 mm. Por lo tanto, se aprecia una tendencia a la disminución de los periodos de retorno (o un aumento de los valores de retorno para un periodo de retorno dado), indicando que los eventos extremos son más frecuentes en la escala diaria.

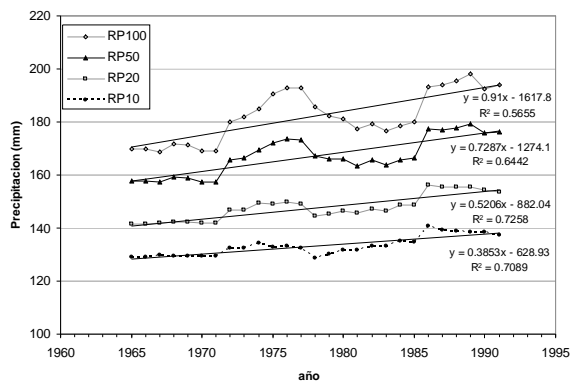


Figura 5. Valores de retorno para distintos periodos de retorno

4. CONCLUSIONES

La precipitación total anual o estacional no muestra ninguna tendencia claramente significativa, ni a nivel regional ni en las subregiones caracterizadas. Sin embargo, si se aprecian tendencias en la cantidad total de precipitación a nivel mensual: descenso en febrero y aumento en octubre, lo que parece apuntar a un cierto cambio en la distribución de lluvia a lo largo del año, si bien el efecto no es suficientemente fuerte como para notarlo a nivel estacional. Destaca así mismo la falta de tendencia significativa en el mes de marzo, documentada en otros puntos de la península Ibérica.

Los resultados son más contundentes en el caso del análisis de extremos de precipitación. Por una parte aumentan claramente los episodios de lluvia intensa (precipitación superior al percentil 95) en otoño y disminuyen en primavera. Y además se constata una disminución general de los periodos de retorno de los eventos extremos de precipitación.

5. REFERENCIAS

- ABAUURRA, J., Y CEBRIÁN, A.C. (2001). Trend and variability analysis of rainfall series and their extreme events. En *Detecting and modelling regional climate change*, edited by M. Brunet and D. López, pp 191-201, Springer, New York.
- AGUILAR *et al.* (2005). Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961-2003. *Journal of Geophysical Research* 110 D23107 doi: 10.1029/2005JD006119
- AGUILAR, E., BRUNET, M., SALADIÉ, O., SIGRÓ, J. Y LÓPEZ, D. (2002). Hacia una aplicación óptima del standard normal homogeneity test para la homogeneización de series de temperatura. En *La información climática como herramienta de Gestión ambiental*, VII reunión nacional de climatología, grupo de climatología de la AGE, Cuadrat, J.M., Vicente, S.M. Saz, M.A. (eds) Universidad de Zaragoza: Zaragoza, 17-33
- AGUILAR, M, SANCHEZ, E. Y PITA, M.F. (2006). Tendencia de las precipitaciones de marzo en el sur de la península Ibérica. En *Clima, Sociedad y Medio Ambiente*, Cuadrat,

- J.M., Saz, M.A., Vicente, S.M., Lanjeri, S., de Luis, M. y González-Hidalgo, J.C. (eds) Publicaciones de la AEC, Zaragoza, 41-51, serie A, 5.
- ALEXANDERSSON, H. Y MOBERG, A. (1997). "Homogeneization of Swedish Temperature Data. Part I: Homogeneity test for linear trends". *International Journal of Climate*, **17**, 25-34
- BRUNET, M, CASADO, M.J., DE CASTRO, M., GALÁN, P, LÓPEZ, J.A., MARTÍN, J.M., PASTOR, A., PETISCO E., RAMOS, P., RIBALAYGUA, J., RODRÍGUEZ, E. Y TORRES, L. (2007a). *Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España. Primera fase*. Ministerio de Medio Ambiente
- BRUNET, M., JONES, P.D., SIGRÓ, J., SALADIE, O., AGUILAR, E., MOBERG, A., DELLA-MARTA, P.M., LISTER, D., WALTHER, A. Y LÓPEZ, D. (2007b). "Temporal and spatial temperature variability and change over Spain during 1850-2005". *Journal of geophysical research* **112**, D12117, doi:10.1029/2006JD008249
- BRUNETTI, M., MAUGERI, M., MONTI, F. Y NANNI, T. (2006). "Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series." *International Journal of Climatology* **26**: 345-381.
- CRUZ, R., LAGO, A., LAGE, A., SALSÓN, S. Y PÉREZ-MUÑUZURI, V. (2007). "Trends of temperature and precipitation daily extreme values in Galicia (Northwest Spain) over the second half of the XXth century" 7th EMS Annual Meeting /8th European Conference on Applications of Meteorology. El Escorial, Spain, 1-5 October 2007.
- ESTEBAN-PARRA, M.J., POZO-VAZQUEZ, D., RODRIGO, F.S. Y CASTRO-DÍEZ, Y. (2003). Temperature and precipitation variability and trends in Northern Spain in the context of the Iberian Peninsula climate. In *Mediterranean Climate: Variability and trends*, edited by H.J. Bolle, pp.259-276, Springer, New York
- ESTEBAN-PARRA, M.J., RODRIGO, F.S. Y CASTRO-DÍEZ, Y. (1998). "Spatial and temporal patterns of precipitation in Spain for the period 1880-1992". *International Journal of Climatology*, **18**, 1557-1574
- FOLLAND, C.K., KARL, T.R., CHRISTY, J.R., CLARKE, R.A., GROUZA, G.V., JOUZE, J., MANN, M.E., OERLEMANS, J., SALINGER, M.J. Y WANG, S.W. (2001). Observed climate variability and change. In *Climate Change 2001: the scientific basis-contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, edited by J.T. Houghton *et al.*, pp 85-97, Cambridge, Univ. Press, New York
- FRICH P., ALEXANDER L.V., DELLA-MARTA P., GLEASON B., HAYLOCK M., KLEIN TANK A.M.G. Y PETERSON, T. (2002): "Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century". *Climate Research*, **19**, 193-212
- IPCC (2001) Climate change 2001: The scientific basis, Cambridge University Press, Cambridge, UK
- JOLLIFE IT, UDDIN M. AND VINES SK. (2002): "Simplified EOFs-three alternatives to rotation". *Climate Research K*, **20**, 271-279.
- KAISER, H.F. (1958): "The Varimax criterion for analytic rotation in factor analysis". *Psychometrika*, **23**, 187-200.
- KLEIN TANK A.M.G. Y KÖNNEN G.P. (2003). "Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946-1999". *Journal of Climate*, **16**, 3665-3680
- KLEIN TANK A.M.G., WIJNGAARD J.B. Y VAN ENGELEN A.F.V. (2002): *Climate of Europe. Assessment of observed daily temperature and precipitation records*. KNMI, De Bilt, the Netherlands

- LABAJO, J.L. Y PIORNO, A. (2001). Regionalisation of precipitation in Castilla and Leon (Spain). Analysis of its temporal behaviour. In *Detecting and modelling regional climate change*, edited by M. Brunet and D. López, pp 109-118, Springer, New York
- LÓPEZ, J.A. (2001). Trends in daily precipitation regimes and their extremes at three observatories in the Iberian Peninsula. In *Detecting and modelling regional climate change*, edited by M. Brunet and D. López, pp 203-213, Springer, New York
- MOBERG, A. Y JONES, P.D. (2005). "Trends in indices for extremes in daily temperature and precipitation in central and western Europe 1901-1999". *International journal of climatology*, **25**: 1149-1171
- PETERSON T.C., EASTERLING, D.R., KARL, T.R., GROISMAN, P., NICHOLLS, N., PLUMMER, N., TOROK, S., AUER, I., BOEHM R., GULLET, D., VINCENT, L., HEINO, R., TOEMENVIRTA H., MESTRE, O., SZENTIMEREY T., SALINGER, J., FØRLAND, E., HANSSSEN-BAUER, I., ALEXANDERSSON, H., JONES, P. Y PARKER D. (1998) "Homogeneity adjustments of in situ atmospheric climate data: a review". *International journal of climatology*, **18**, 1493-1517
- PRESS, W.H., FLANNERY, B.P., TEUKOLSKY S.A. Y VETTERLING, W.T. (1986). *Numerical recipes: the art of scientific computing*, Cambridge University Press, Cambridge, pp 488-493
- ROMERO, R., RAMIS, C. Y GUIJARRO, J.A. (1999). "Daily rainfall patterns in the Spanish Mediterranean area: an objective classification". *International Journal of Climatology*, **19**, pp. 95-112
- SALADIÉ, O, BRUNET, M, AGUILAR, E, SIGRÓ, J Y LÓPEZ, D. (2004). Variaciones y tendencia secular de la precipitación en el sistema mediterráneo catalán (1901-2000). In *El clima entre el mar y la montaña*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología. Serie A, nº 4, pp. 399-408
- STAUDDT, M., ESTEBAN-PARRA, M.J. Y CASTRO-DÍEZ, Y. (2007). "Homogenization of long-term monthly Spanish temperature data" *International journal of climatology*, **27**: 1809-1823
- STEPANEK, P (2003). AnClim: a software, specially developed for the homogenisation of climate data: webpage <http://www.sci.muni.cz/~pest>; contact: pest@sci.muni.cz or petrstep@email.cz
- SUPPIAH, R. Y HENNESSY, K.J. (1998). Trends in total rainfall, heavy rain events and number of dry days in Australia, 1910-1990. *International Journal of climatology*, **10**:1141-1164